

for 1-1 ~

⑨日本国特許庁(JP)

⑪特許出願公告

⑫特許公報(B2) 昭55-25605

⑤Int.Cl.<sup>3</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭⑮公告 昭和55年(1980)7月7日

G 01 B 11/26

6923-2F

G 01 C 1/00

6723-2F

発明の数 1

(全5頁)

1

2

⑭レーザオートコリメータ装置

⑮特 願 昭48-69153

⑯出 願 昭48(1973)6月21日

公 開 昭50-20752

⑰昭50(1975)3月5日

⑱発 明 者 洲崎保司

横浜市戸塚区戸塚町 216 株式会社  
日立製作所戸塚工場内

⑲出 願 人 株式会社日立製作所

東京都千代田区丸の内1丁目5番  
1号

⑳代 理 人 弁理士 秋本正実

㉑特許請求の範囲

1 レーザ発振器と被調整光学面との間に、半透明反射鏡と、集光レンズと、該集光レンズにより集光されたビームを通過させるピンホールと、該ピンホールを通過したビームを平行にするレンズと、該レンズにより平行にされたビームが被調整光学面から反射された戻りビームを通過させる開口絞りとを順次配設し、かつ、前記半透明反射鏡に対して戻りビームの出力を検出する検知器を配設し、前記開口絞りの口径を調節自在として戻りビームをピンホール中に通過させるように構成したことを特徴とするレーザオートコリメータ装置。  
発明の詳細な説明

本発明はレーザビームが有する指向性、単色性などの特徴を利用したオートコリメータ装置に関する。

従来よりレーザの簡単な応用として、レーザビームの指向性の良さを利用して光学系の調整を行なうことが行なわれており、特に複数ケの光学面の平行度を出す場合などはいわゆるオートコリメータの代用として利用されている。その方法は、第1図に示すように、レーザ発振器1から発振し

て、反射して戻ってくるビーム2Bと送りビーム2Aとが重なる様に光学平面3、4の角度を調整して、レーザビーム2Aと光学平面を垂直にすることで2つの光学平面3、4の平行度を出すものである。この方法はレーザビームの最も簡単な応用の1例であり、レーザビームのもつ指向性の良さを利用したものであるが、精度は余り期待できない。

本発明の目的とするところは、従来のレーザオートコリメータに比較して精度をより高めるため、レーザビームの有する指向性の良さのみならず単色性等の特徴を利用して構成したレーザオートコリメータ装置を提供することにある。

以下本発明を図面に従って詳細に説明する。

15 第2図は本発明によるオートコリメータ装置の実施例を示す図である。

第2図において、1はレーザ発振器、2Aはレーザ発振器からの出力ビーム、5はレーザビーム2Aを集光するレンズ、6はレンズ5により集光された光の集光部に置かれたピンホールであり、該ピンホールの口径は集光ビームの口径と同程度とする。2Cはピンホール6を通ったレーザビーム、7はビーム2Cを平行にするレンズ、8は口径可変の開口絞り、2Dは開口絞りを通過したビーム、3及び4は被調整光学面、2Bは光学面3及び4から反射した戻りビーム、2Eはレンズ7を通過して集光される戻りビーム、9はピンホール6を通過してくる戻りビームを検知器10に導くための半透明反射鏡、2Fは反射鏡9で反射された戻りビーム、11は検知器10の出力を読むための出力計である。

次に上記構成からなる本発明によるオートコリメータの動作を説明する。レーザ発振器1から発振されたレーザビーム2Aは半透明の反射鏡9を通過し、レンズ5により回折限界に近い大きさに集束され、ピンホール6の中心を通過する。ピンホール6を通過した後ビームは2Cの如く発散す

3

る。この発散したビーム 2 C はレンズ 7 で平行なビーム 2 D とされ、被調整光学面 3 および 4 に向けて送り出される。光学面の調整の操作は、先ず光学面 3 を光路から除去しておき、光学面 4 からの反射ビームが開口絞り 8 の中心を通るように光学面 4 の傾きを調整する。鏡 4 のレーザビーム 2 D に対して垂直となり、戻りビーム 2 B と送りビーム 2 D とが完全に平行となれば、レンズ 7 を通して逆に集光される戻りビーム 2 E の中心は、ピンホール 6 の中心を通ることになる。しかるにこの操作段階で戻りビームがピンホールの中心を通過するようにすることは期待できない、すなわち戻りビーム 2 E の中心線がピンホールの中心から近い距離ではずれる事が考えられる。そこで開口絞り 8 の口径を変化させることにより、戻りビーム 2 E の回折角を変化させ、ピンホール 6 に集束するビームの大きさを変えることにより調整を行なう。すなわち口径可変の開口絞り 8 は粗い調整の段階で戻りビームがピンホール中心からはずれた場合に調整を容易にするためのものである。この開口絞り 8 の口径を変化させることによりピンホール 6 の位置で変化する戻りビーム 2 E の大きさと強度分布の変化状態を第 3 図に示した。第 3 図において、2 A' は送りビームの大きさと強度分布の一例であり、2 E', 2 E'', 2 E''' は開口絞り 8 の開口の大きさを変化させることにより、ピンホールの位置で変化する戻りビームの大きさと強度分布の一例であり、2 E' は開口が大きい場合を示し、2 E'' は開口が小さい場合を示している。回折による集束部の拡がりの変化は、開口の大きさに反比例する関係にある。又、開口に一部さえぎられたレーザビームの焦点におけるパターンは近似的に開口を通過する平面波の無限遠距離におけるフランクホッフ回折パターンと見なすことができる。このパターンの中央部に集中する部分は、いずれも光軸中心で最も強い強度分布となり、すそに向つて対称に弱くなる分布となる。

この事により先ず開口を小さく絞つた状態にして集束部の拡がりを大きくしておき、粗い調整の段階でその一部をピンホールに入れ、その後ピンホールを通過する光量が最大になるように被調整光学面を調整する。次に開口を大きくして集束部の拡がりを小さくし、さらにピンホールを通過する光量が大きくなるように同様の調整操作を繰返

4

えし最終的にはピンホールの大きさとビームの拡がりの関係で、ビームがピンホールの中心を通過する条件として最も感度のよい状態で調整を終る。ピンホールを通過したビームは半透明鏡 9 によつて一部反射され、検知器 10 に入る。この出力を出力計 11 で読むことによりピンホールを通過する戻りビームを検知する。以上の操作を第 2 の被調整光学面 3 についても行なう。以上述べた様に送りビームと戻りビームを一致させることにより、被調整光学面をレーザビームに垂直ならしめることにより光学平面の平行度を出すことができる。

次に本発明によるオートコリメーターにより被調整光学面のレーザビームに対する精度がどの程度になるかを具体的に数値を用いて述べる。いまレーザは横方向モードが単一で強度分布がガウス形の TEM<sub>00</sub> モードでかつ波長が 6328 Å の He-Ne レーザを使用するとする。又ピンホール 6 の口径を 10 μ とする。発振器からのレーザビーム固有のビームウエストの大きさ (ビームの強度分布で 1/e<sup>2</sup> のパワーポイントの半径) を ω<sub>0</sub> とし、該ビームウエストの位置はレーザビームの出力端にあるとし、第 1 のレンズ 5 の位置は発振器の出力端から d<sub>1</sub> の距離にあるとし、その焦点距離を f<sub>1</sub> とする。このときレンズによつて集束されるレーザビームのウエストの大きさ ω<sub>1</sub> は次の関係式に表わされる。

$$\frac{1}{\omega_1^2} = \frac{1}{\omega_0^2} \left(1 - \frac{d_1}{f_1}\right)^2 + \frac{1}{f_1^2} \left(\frac{\pi \omega_0}{\lambda}\right)^2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに λ はレーザの波長を現わす。

ここで前記各素子の具体的な数値をそれぞれ d<sub>1</sub> = 50 mm, f<sub>1</sub> = 10 mm, ω<sub>0</sub> = 0.5 mm, λ = 6328 Å とすると、ω<sub>1</sub> = 4.2 μ となる。この大きさはピンホール 6 の口径が 10 μ とした場合は、ほとんど大部分の光量を送り出し得ることを示すものである。次に第 2 のレンズ 7 の焦点距離 500 mm とし、該レンズから送り出されるビームが最もコリメートされた状態となりほぼ平行ビームとして送り出されるようにするため、前記第 2 レンズ 7 をピンホール 6 から焦点距離 f<sub>2</sub> = 500 mm の位置に設ける。この時第 2 レンズの位置におけるビームの大きさ ω<sub>d</sub> は

$$\omega_d = \omega_1 \left[1 + \left(\frac{\lambda f_1}{\pi \omega_1^2}\right)^2\right]^{1/2} \quad \dots\dots\dots (2)$$

で与えられる。この式に先の数値を入れて計算す

5

ると $\omega_d = 2.4$ となる。ここでガウス形ビームの場合レンズの口径が約 $3\omega_d$ で99%の光量が送り出し得るという事に鑑み、本具体例においては $3 \times 2.4 = 7.2$ すなわち第2レンズの口径を約 $7.0$ にすればレーザービームの大部分を送り出すことができる。

次に被調整光学面より反射され戻ってくるビームは、被調整光学面がビームより大きくかつ第2レンズに近い距離にあれば、ほぼ同じ大きさで第2のレンズに入射する。したがって可変絞りは戻りビームの口径より小さい方に絞れるようにする。戻りビームが可変絞りを通過して後、再びピンホールに入る時の大きさは前記のフランホーフア回折パターンから判断する。フランホーフア回折パターンの第1の暗輪の大きさ $R_0$ は次式で示される。

$$R_0 = \frac{1.22 f_2 \lambda}{r} \quad \dots\dots\dots(3)$$

ここで $r$ は可変絞りの半径である。第4図は前記 $f_2 = 500$ ,  $\lambda = 6328 \text{ \AA}$ の数値を(3)式に代入したときの $R_0$ と $r$ との関係であり、横軸は可変絞りの半径 $r$ 、縦軸はフランホーフア回折パターンの第1暗輪の大きさ $R_0$ を表わす。 $r$ の大きさを適当に調整しながらビームの中心をピンホールの中心に合わせる操作において、ピンホールの口径の $1/10$ の精度が達成されたとすると被調整光学面のレーザービームに対する直角度の精度 $\Delta\theta$ は、
$$\Delta\theta = \frac{1}{2} \frac{\Delta\sigma}{f_2} = \frac{1}{2} \times \frac{0.001}{500} = 10^{-6}$$
となる。これは約0.2秒の角度でありかなり高い精度である。又、仮に $\Delta\sigma$ をピンホールの口径 $10 \mu$ としても $\Delta\theta = 2$ 秒となりかなり精度は良い。

第5図は本発明によるオートコリメータ装置の他の実施例を示す図である。この実施例において

6

は、装置をコンパクトにするため、2枚の平面鏡12及び13を使用してビームを折り返す構造とした。他の記号の意味は前記実施例と同様である。この様な形で構成した場合、前記計算例の値をもつ各素子を用いることにより全長40cmから50cmの大きさからなる実用的装置を作ることができる。

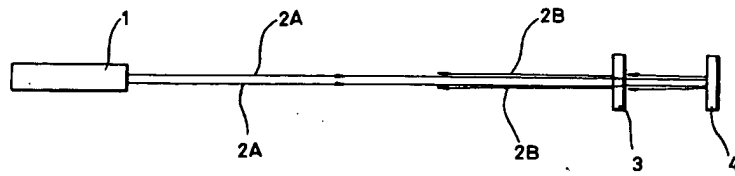
以上本発明によるオートコリメータ装置によれば、レーザービームが簡単なレンズ又はレンズ系で回折限界に近い微小な大きさにまで集束し得ることを利用して、往復の集束ビームを1つのピンホールの間を通過せしめることにより、被調整光学面の平行度を調整する目的において従来のオートコリメータに比べ精度は著しく向上する。

#### 図面の簡単な説明

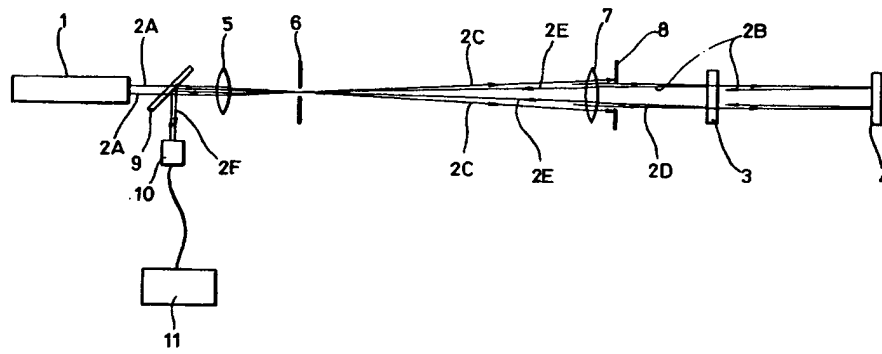
第1図は従来用いられてきたレーザービームを応用したオートコリメーションの原理の一例を示す図、第2図は本発明によるオートコリメータ装置の一実施例を示す図、第3図は本発明に係るピンホール6の部分のレーザービームの拡大図であり、送りビームの大きさと強度分布及び戻りビームの大きさと強度分布を示している。第4図は本発明に係る可変開口絞りの半径とフランホーフア回折パターンの第1の暗輪の大きさの関係の一例を示すグラフで、横軸は可変開口絞りの半径、縦軸はフランホーフア回折パターンの第1暗輪の大きさを示す。第5図は本発明によるオートコリメータ装置の他の一実施例を示す図である。

符号の説明、1……レーザー発振器、3, 4……被調整光学面、5, 7……レンズ、6……ピンホール、8……開口絞り、9……半透明反射鏡、10……検知器、11……出力計、12, 13……平面反射鏡、2A, 2C, 2D……出力ビーム、2B, 2E, 2F……戻りビーム。

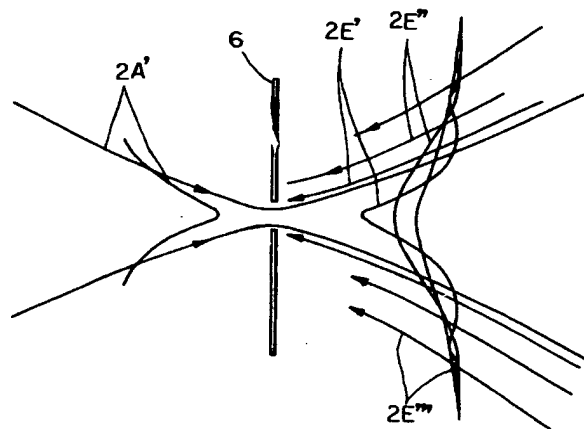
第 1 図



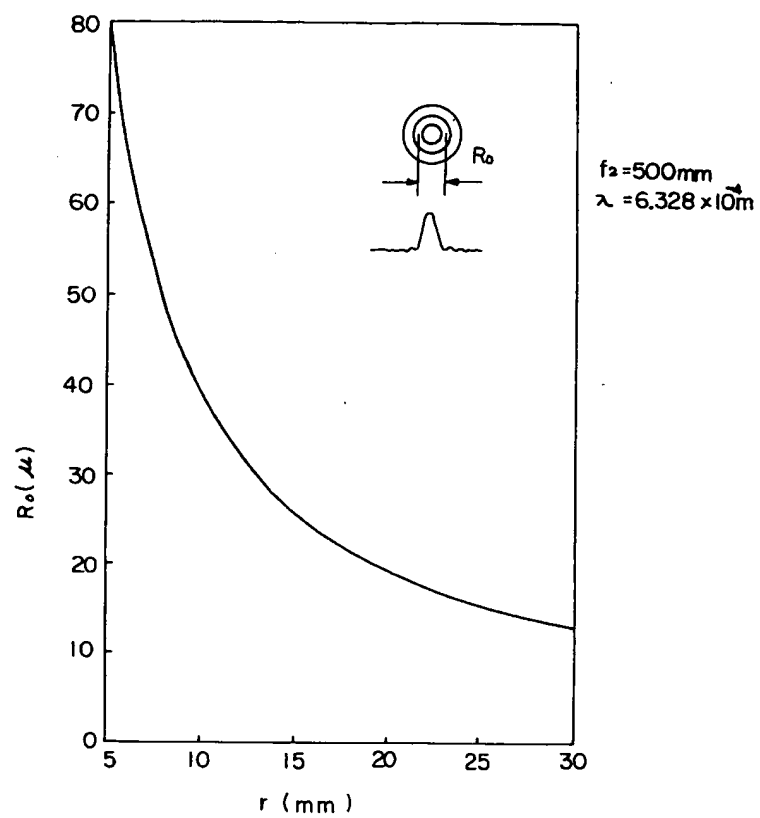
第 2 図



第 3 図



第 4 図



第 5 図

